



Hammasröntgentoiminnan laadunvalvonta ja kuvaushuoneen säteilysuojaus

Sisällys

1	Johdanto	5
2	Potilaan ja henkilökunnan säteilyaltistus	6
3	Laadunvarmistus	8
3.1	Röntgenlaitteen mekaaniset toiminnot ja hätäkytkimet	10
3.2	Säteilyn ilmaisimet ja varoitusvalot sekä säteilysuojainten kunto	10
3.3	Testikappaleen kuvaus	10
3.4	Panoraamatomografiaröntgenlaitteen liikkeen tasaisuus	14
3.5	Filmin kehitys ja katselulaitteet.....	14
3.6	Digitaaliset kuvaimmaisimet ja kuvanlukija	15
3.7	Kuvamonitorit ja katseluolosuhteet.....	16
4	Käyttötila ja säteilysuojaukset	17
4.1	Käytännön esimerkkejä eri laitetyyppien edellyttämästä säteilysuojuksesta ..	17
4.1.1	Esimerkki intraoraaliröntgenlaitteen edellyttämästä säteilysuojuksesta	18
4.1.2	Esimerkki panoraamatomografiaröntgenlaitteen edellyttämästä säteilysuojuksesta.....	19
4.1.3	Esimerkki KKTT-laitteen edellyttämästä säteilysuojuksesta.....	20
4.2	Rakennusmateriaalien lyijyvastaavuus.....	21
	Kirjallisuutta	23
	Liite: Esimerkki testikappaleen käytöstä ja testikuvan tulkinnasta panoraamatomografiaröntgenlaitteella	25

Hammasröntgentoiminnan laadunvalvonta ja kuvaushuoneen säteilysuojaus

1 Johdanto

Suomessa on nykyisin käytössä noin 4 800 hammasröntgenlaitetta, joilla kuvataan suun sisään asetettavalle kuvailmaisimelle (intraoraaliröntgenlaite), ja noin 700 panoraamatomografiaröntgenlaitetta joihin usein liittyy myös kefalostaatti. Hammasröntgenkuvauksia tehdään noin 2 000 toimipaikassa, pääosin hammaslääkäreiden vastaanotoilla. Panoraamatomografiaröntgenlaitteita on lisäksi käytössä terveyskeskuksissa ja sairaaloissa. Viime aikoina yleistyneitä hammaskuvauksiin tarkoitettuja kartiokeilatietokonetomografialaitteita (KKTT-laitteita) on tämän oppaan julkaisemisen aikaan käytössä hieman yli 30.

Tässä oppaassa on esitetty käytännön esimerkkejä käyttäjien testeistä hammasröntgenlaitteiden laadunvalvonnassa. Toiminnan harjoittajat voivat suunnitella ja käyttää muitakin tarkoitukseen sopivia menetelmiä laadunvarmistuksen toteuttamiseksi. Tavoitteena on säteilyannosten minimoiminen ja diagnoosia varten riittävän kuvanlaadun varmistaminen. Oppaassa käsitellään lisäksi kuvaushuoneen säteilysuojauksen tarvetta sekä henkilökunnan ja potilaan säteilysuojauksia. Diagnoosin onnistumiseen vaikuttavaa keskeistä asiaa, kuvantulkintaa, ei kuitenkaan käsitellä tässä oppaassa.

Hammasröntgenlaitteita ja niiden käyttöä sekä laadunvarmistusta koskevat vaatimukset on esitetty Säteilyturvakeskuksen ohjeessa ST 3.1 Hammasröntgentutkimukset terveydenhuollossa. Hammasröntgenlaitteiden käytönaikaiset hyväksyttävyyssvaatimukset on esitetty ohjeen ST 3.1 liitteessä B ja vaatimukset laadunvarmistuksesta liitteessä C. Terveydenhuollon röntgenlaitteiden laadunvalvontaoppaassa (STUK tiedottaa 2/2008) on esitetty lisäksi röntgenputkelle, generaattorille ja TT-laitteelle tehtäviä testejä, joista osa voi olla hyödyllisiä myös hammasröntgenlaitteita testattaessa.

2 Potilaan ja henkilökunnan säteilyaltistus

Efektiiivinen annos on suure, joka kuvaa ionisoivan säteilyn aiheuttamaa terveydellistä kokonaishaittaa. Sen laskemisessa käytettävät suureet ovat kunkin kudoksen tai elimen saama säteilyannos ja kullekin kudokselle tai elimelle määrätty painokerroin, joka kuvaa kyseisen kudoksen tai elimen ”säteilyherkkyyttä”. Efektiiivinen annos riippuu merkittävästi siitä, mitä elimiä säteilykeilan suunnassa tai sen välittömässä läheisyydessä on. Efektiiivisen annoksen yksikkö on sievert, jonka lyhenne on Sv.

Hammasröntgenkuvauksista aiheutuvat tyypilliset efektiiiviset annokset ovat suuruusluokkaa 0,01–2 mSv. Potilaalle hammasröntgenkuvauksista aiheutuvia efektiiivisiä säteilyannoksia on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Hammasröntgentutkimuksista potilaalle aiheutuvia tyypillisiä efektiiivisiä annoksia [HPA 2010].

Tutkimus	Efektiiivinen annos / mSv
Intraoraaliröntgenkuvaus	0,01
Kefalostaattitutkimus	< 0,01
Panoraamatomografiakuvaus	0,02
Pienen kentän KKTT	0,05–0,7
Laajan kentän KKTT	0,07–1,1
Monileike-TT	0,5–2,1

Tehokas tapa pienentää sekä potilaan että kuvaajan säteilyaltistusta on pitää kuvauskenttä (säteilykeila) mahdollisimman pienenä. Esimerkiksi käyttämällä intraoraalikuvauksissa suorakaiteen muotoista, säteilyylmaisimen kokoista säteilykeilaa sekä kuvailmaisimen asettelun tarkoitettua pidikettä, voidaan potilaan säteilyaltistusta pienentää useita kymmeniä prosentteja lieriömäisen suuntausputken käyttöön verrattuna. Tällöin myös potilaasta ympäristöön siroavan säteilyn määrä pienenee. Potilaan on suositeltavaa käyttää säteilysuojaimia, jos se on tutkimusta häiritsemättä mahdollista. Mikäli on riski, että säteilysuojaimen käyttö aiheuttaa uusintakuvausten, kannattaa kuvaus suorittaa ilman säteilysuojainta.

Kun intraoraaliröntgenkuvaukseen käytetään digitaalista kuvailmaisinta, tarvittavaa säteilyannosta on mahdollista pienentää jopa murto-osaan filmin edellyttämästä annoksesta. Digitaalikuvauksessakin on kuitenkin syytä varmistaa, ettei käytetä tarpeettoman suuria säteilyannoksia: digitaalikuvauksessa kuvan ylivalotus ilmenee selvästi vasta, kun annos on moninkertainen optimaaliseen annokseen verrattuna. Panoraamatomografiaröntgenkuvauksessa annokset ovat mittausten mukaan digitaalista kuvaustekniikkaa käytettäessä likimain samat kuin aiemmalla filmitekniikkaan perustuvalla menetelmällä.

Kuvauksia suorittavien henkilöiden on suojauduttava siten, että he eivät joudu tarpeettomasti säteilylle alttiiksi. Kuvattaessa intraoraali- tai panoraamatomografiaröntgenlaitteella kuvaaja ei yleensä tarvitse lisäsuojaimia, kun hän välttää kuvausten aikana primäärikeilan aluetta ja on vähintään kahden metrin etäisyydellä potilaasta ja röntgenputkesta. On kuitenkin suositeltavaa siirtyä kuvauksen ajaksi säteilyltä suojaavan seinän taakse ja käyttää potilaan tarkkailun apuna sopivasti sijoitettua peiliä tai lyijylasi-ikkunaa erityisesti, jos kuvausmäärä on suuri. Tällöin kuvaaja välttyy ylimääräiseltä säteilyaltistukselta.

Mikäli kuvaaja on kuvauksen aikana kahta metriä lähempänä potilasta, hänen on suositeltavaa käyttää erillisiä säteilysuojauksia, esimerkiksi liikuteltavaa säteilysuojalevyä tai lyijykumiesiliinaa. KKTT -laitteilla tehtävät kuvaukset on syytä suorittaa aina säteilyltä suojaavan seinän takaa tai erillisestä säätötilasta niin, että kuvaajalla on näköyhteys potilaaseen joko suoraan tai peilin kautta.

Hammasröntgentutkimuksen aikana tutkimushuoneessa saavat olla potilaan lisäksi vain henkilöt, joiden läsnäolo on tutkimuksen suorittamisen tai potilaan turvallisuuden kannalta välttämätöntä. Heidät on suojattava asianmukaisesti käyttäen sopivia säteilysuojaimia, eikä mikään osa heistä saa joutua alttiiksi primäärisäteilylle. Röntgentutkimuksen aikana on vältettävä tarpeetonta oleskelua potilaan ja röntgenputken välittömässä läheisyydessä.

3 Laadunvarmistus

Laadunvarmistuksella pyritään varmistamaan röntgenlaitteen turvallinen toiminta ja röntgenkuvan riittävän hyvä kliininen kuvanlaatu potilaan säteilyannoksen ja henkilökunnan säteilyaltistuksen ollessa mahdollisimman pieni. Laadunvarmistuksen osa-alueita ovat tekninen laadunvarmistus ja toiminnan laadunvarmistus. Laadunvarmistusta koskevat vaatimukset on esitetty Säteilyturvakeskuksen ohjeessa ST 3.1 Hammasröntgentutkimukset terveydenhuollossa.

Toiminnan laadunvarmistukseen kuuluvat seuraavat osa-alueet:

- tutkimusohjeet
- tutkimustietojen kirjaaminen ja raportointi
- kliinisen kuvanlaadun arviointi
- potilaan säteilyannoksen määrittäminen ja tulosten arviointi
- itsearviointi
- kliininen auditointi (turvallisuushupaa edellyttävä toiminta).

Tekninen laadunvarmistus sisältää:

- vastaanottotarkastuksen
- määrävälein laitekohtaisten ohjeiden mukaan tehtävän laadunvalvonnan
- merkittävän korjauksen tai huollon jälkeisen laadunvalvonnan
- laadunvalvonnan, kun on aihetta epäillä laitteen toiminnan häiriintyneen tai muuttuneen.

Vastaanottotarkastuksessa varmistetaan, että laitteisto toimii kuljetuksen, asennuksen ja eri osien yhteen kytkemisen jälkeen tarkoituksenmukaisesti ja turvallisesti siten, että ohjeen ST 3.1 liitteessä B esitetyt käytönaikaiset hyväksyttävyyysvaatimukset ja valmistajan ilmoittamat keskeiset suoritusarvot ja turvallisuusominaisuudet täyttyvät. Vastaanottotarkastuksen yhteydessä saatuja tuloksia on tarkoituksenmukaista jatkossa käyttää laitteen suorituskyvyn vertailuarvoina, joita tarvitaan laitteiden toimintakunnon ja suoritusominaisuuksien valvontaan. Vastaanottotarkastuksen suorittaja voi olla käyttöorganisaation edustaja, laite-toimittajan edustaja tai kolmas osapuoli. Mikäli vastaanottotarkastuksen suorittaa muu kuin käyttöorganisaation edustaja, käyttöorganisaation edustajan tulee huolehtia tarkastuksen riittävästä valvonnasta ja nimetä tähän tehtävään vastuuhenkilö.

Jos laitteeseen tai sen säätöihin tehdään muutoksia, jotka voivat vaikuttaa kuvanlaatuun tai säteilytuottoon, toimintakunnon testaus tehdään uudelleen ja suorituskyvyn vertailuarvot määritetään uudelleen. Kaikki käytön aikaiseen laadunvalvontaan kuuluvat testit tehdään siten ensimmäisen kerran vastaanottotarkastuksen yhteydessä. Samalla päätetään, esimerkiksi laitetoimittajan suosituksiin perustuen, minkä suuruiset poikkeamat näistä vertailuarvoista sallitaan. Jatkossa testit toistetaan samoilla mittausjärjestelyillä, jotta tulokset ovat vertailukelpoisia keskenään.

Laitteiden laadunvalvontaa koskevat ohjeet ja vastuut määritellään ja kirjataan laitekohtaisesti:

- laadunvalvonnassa suoritettavat tarkastukset ja mittaukset ja niiden tarkoitus
- tarkastus- ja mittausten menetelmät sekä mittaustulokset
- tarkastusten ja mittausten suorittajat (ammattiryhmät)
- käytettävät laitteet ja välineet
- tarkastusten ja mittausten suoritusvälit
- tarkastus- ja mittaustulosten toimenpiderajat, jotka eivät saa olla ohjeen ST 3.1 liitteessä B annettuja käytönaikaisia hyväksyttävyyssvaatimuksia väljemmät
- toimenpiteet toimenpiderajojen ylittyessä.

Laadunvalvontatestit voidaan edelleen jakaa käyttäjien testeihin ja teknisiin testeihin:

- *Käyttäjien testit* ovat helposti tehtäviä, suhteellisen usein tarvittavia testejä, jotka tekee yleensä laitteita työssään käyttävä henkilökunta. Ne jakautuvat puolestaan turvallisuustesteihin ja toimintatesteihin:
 - *Turvallisuustestejä* ovat röntgenlaitteen mekaanisten toimintojen ja hätäkytkinten, säteilyn ilmaisinten sekä varoitusvalojen toiminnan tarkistaminen ja säteilysuojainten kunnan tarkistaminen.
 - *Toimintatestejä* ovat testikappaleen kuvaus ja kuvan analysointi, säteilykeilan keskityksen, koon ja homogeenisuuden sekä valomerkkien suuntauksen tarkistaminen.
- *Tekniset testit* edellyttävät teknistä erityisosaamista, sovellutusohjelmaa tai erityisvälineitä, ja niitä tarvitaan yleensä harvemmin. Niillä voidaan varmistua siitä, että laite on toimintakuntoinen ja täyttää teknisiltä ominaisuuksiltaan sille asetetut vaatimukset, esimerkiksi STUKin asettamat hyväksyttävyyssvaatimukset. Tekniset testit tekee usein tekninen henkilökunta, sairaalafyysikko tai muu asiaan perehtynyt asiantuntija, tai ne tilataan palveluna yksikön ulkopuolelta, esimerkiksi laitetoimittajalta.

Röntgenlaitteen asianmukaisen toiminnan lisäksi myös kuvailmaisinten ja kuvankatseluun käytettävien laitteiden ja välineiden asianmukainen kunto on tärkeää oikean diagnoosin saavuttamiseksi. Siksi myös filmien ja kasettien, kuvalevyjen tai muiden kuvailmaisimien testaus sekä monitorien laadunvarmistus on järjestettävä.

3.1 Röntgenlaitteen mekaaniset toiminnot ja hätäkytkimet

Intraoraaliröntgenlaitteen suuntauksen ja asettelun pysyvyys tarkistetaan varmistamalla laitteen paikalla pysyvyys kuvaustilanteessa. Tämän lisäksi varmistetaan etäisyysrajoittimen suuntauksen säilyminen ja kaapeleiden kunto. Intraoraaliröntgenlaitteen eri osien mekaaninen kunto (mm. laukaisupainike, kytkimet, johdot, laitteen kiinnitykset ja tukivarret) tarkistetaan silmämääräisesti.

Panoraamatomografiaröntgen- ja KKTT-laitteiden osalta tarkistetaan suuntauksen ja asettelun pysyvyys. Tarkistus tehdään varmistamalla röntgenputken ja kuvailmaisimen kier-
ron tasaisuus ja potilaan kohdistamisessa käytettävien suuntausvalojen tarkkuus. Tarkistus voidaan tehdä esimerkiksi säteilykeilaan asetetusta testikappaleesta otetusta kuvasta (kohta 3.2). Lisäksi tarkistetaan laitteen pystysuuntaisen lukituksen toimivuus.

Mikäli laitteessa on hätäpysäytyskytkin, sen toiminta tarkistetaan kokeilemalla.

3.2 Säteilyn ilmaisimet ja varoitusvalot sekä säteilysuojainten kunto

Tarkistetaan, että säteilyn ilmaisimet ja varoitusvalot toimivat tarkoitetulla tavalla. Myös laitteessa olevien, kuvausarvojen valintaan liittyvien näyttöjen ja merkkivalojen toiminta tarkistetaan

Silmämääräisesti ja käsin tunnustelemalla varmistetaan, että säteilysuojaimet ovat ehyet ja toimintakuntoiset.

3.3 Testikappaleen kuvaus

Määrävälein otettavalla testikuvalla voidaan varmistua siitä, että kuvanlaatu on säilynyt ennallaan ja teknisesti hyväksyttävällä tasolla. Kuvanlaadun arvioimiseksi sopivasta testikappaleesta (fantomista) otetaan röntgenkuva (testikuva) aina samalla tavalla tyypillistä kliinisessä kuvauksessa käytettävää kuvaustekniikkaa ja samoja kuvausarvoja käyttäen. Testikappaleen tulisi olla sellainen, että siitä otetun kuvan perusteella voidaan arvioida kuvan tasaisuutta ja tuotetun kuvan laatua.

Testikuvaa verrataan silmämääräisesti aiemmin samalla kuvaustavalla ja samoilla kuvausarvoilla otettuun vertailukuvaan. Vertailussa voidaan kiinnittää huomiota mm. kuvan tasaisuuteen, kontrastiin ja erotuskykyyn sekä mahdollisiin kuvavirheisiin. Jos testikuva poikkeaa merkittävästi vertailukuvasta, kannattaa ensin varmistua siitä, että se on otettu samalla kuvaustavalla ja samoilla kuvausarvoilla kuin vertailukuva. Mikäli näin on, johtuvat muutokset yleensä kuvanmuodostuksessa tai röntgenlaitteessa tapahtuneista muutoksista. Mikäli kuvauksessa käytetään filmiä, syy muuttuneeseen kuvaan voi johtua esimerkiksi filmityyppin ja vahvistuslevyjen muutoksesta, filmin vanhenemisesta tai muutoksesta filmin kehitysprosessissa. Digitaalisessa kuvauksessa muutos voi johtua esimerkiksi ohjelmistopäivityksestä, kuvantamislaitteen säätöjen muutoksesta tai laiteviasta. Mikäli kuvaa huonontavien tai potilaan altistusta suurentavien muutosten syytä ei saada selville ja korjattua omatomaisesti, on aiheellista ottaa yhteyttä laitehuoltoon.

Intraoraaliröntgenlaitteen kuvanlaadun seuranta voidaan tehdä esimerkiksi sopivasta materiaalista tehdyllä testikappaleella, jossa on erotuskyvyn ja kontrastin arvioimiseen soveltuvia kohteita. Testattaessa on huolehdittava, että etäisyysrajoittimen (suuntausputki) pää on kiinni testikappaleessa. Testikuvasta voidaan samalla tarkistaa myös säteilykeilan koko (kuva 1).

Panoraamatomografiaröntgenlaitteen ja KKTT-laitteen kuvanlaadun testaukseen voidaan käyttää laitetoimittajilta saatavia laitetyyppikohtaisia testikappaleita (kuvat 2 ja 4). Panoraamatomografiaröntgenlaitteella tai KKTT-laitteella otetusta testikuvasta voidaan kuvanlaadun ja säteilykeilan koon lisäksi tarkistaa röntgenputken ja kuvailmaisimen liikkeen taseisuus sekä varmistaa, että potilaan asettelu kuvausta varten voidaan tehdä oikein, eli tarkistaa potilaan asetteluvalojen suuntaus. Testi suoritetaan laitevalmistajan ohjeiden mukaisesti.

Kuvattaessa panoraamatomografiaröntgenlaitteella testikappaletta, voidaan lisäksi varmistaa, että tarkkana kuvautuva taso on symmetrinen ja se saadaan oikeasta kohdasta. Vastaavasti KKTT-laitteella kuvattaessa testikappaletta voidaan varmistaa vertailuaineen TT-lukujen vakioisuus sekä TT-kuvan kohina ja kuvavirheet. Mikäli laitteessa on ROI-mittaukseen soveltuva ohjelma, voidaan TT-luku määrittää valitsemalla riittävän suuri ympyränmuotoinen ROI-alue, jonka pikselien keskimääräinen arvo luetaan. Näin määritettyä TT-lukua verrataan aiemmin määritettyyn vertailuarvoon ja laitteen teknisiin spesifikaatioihin. TT-kuvan kohinan määrittäminen perustuu tietyltä sovitulta alueelta määritettyyn TT-lukujen hajontaan, jota myös verrataan aiemmin määritettyyn vertailuarvoon ja laitteen teknisiin spesifikaatioihin (kuva 3).

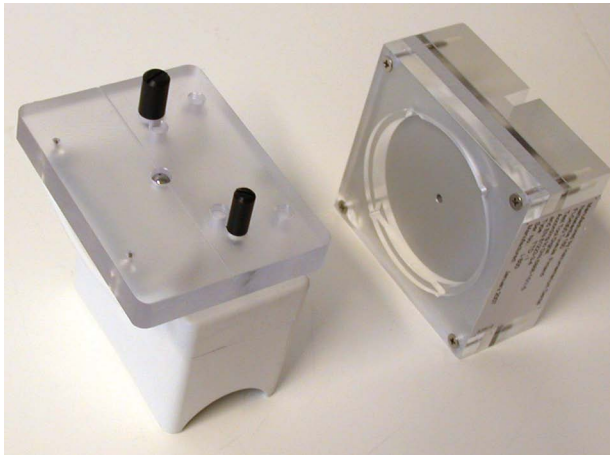
Testikappaleesta otetusta kuvasta tarkistetaan myös mahdolliset kuvavirheet. Kuvassa ei saa näkyä merkittäviä kuvavirheitä.

Liitteessä A sivulla 25 on esitetty esimerkki testityökalun käytöstä ja kuvan tulkinntasta panoraamatomografiaröntgenlaitteella.



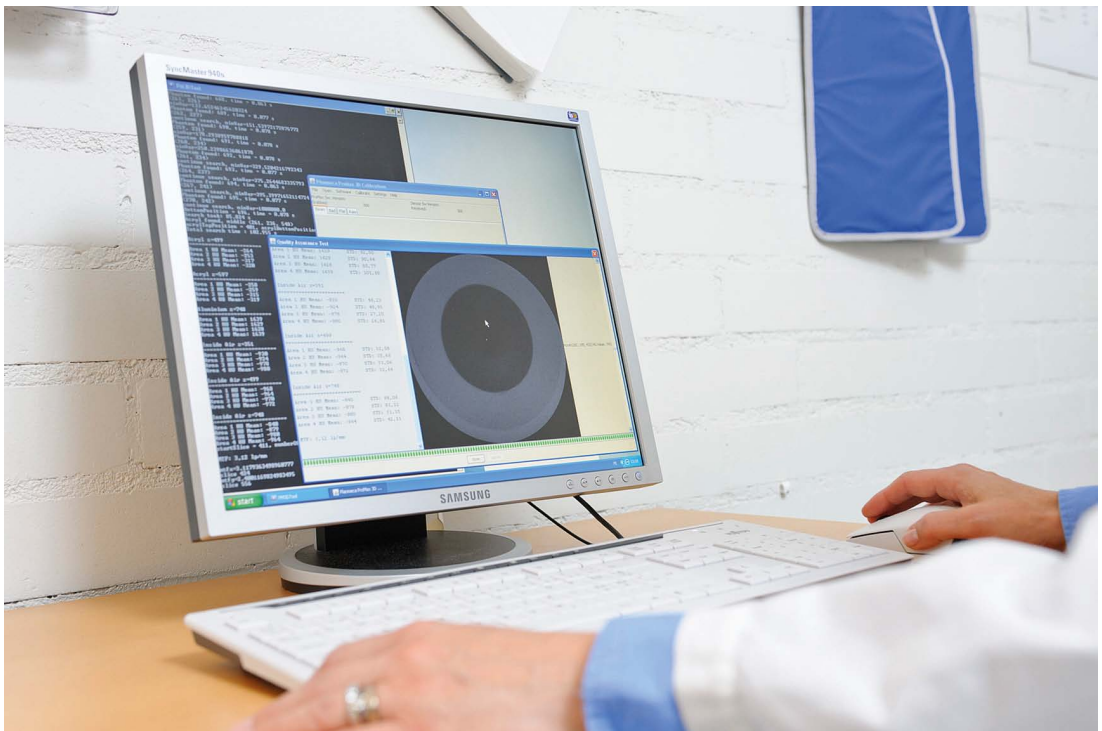
Kuva 1.

Testikappaleen kuvaus intraoraaliröntgenlaitteella.



Kuva 2.

Esimerkki testikappaleesta, jota voidaan käyttää intraoraali- ja panoraatomografiaröntgenlaitteen sekä kefalostaatin kuvan laadun tekniseen testaukseen (kuvassa oikealla). Testikappale saadaan aseteltua oikein laitetyyppikohtaisten asetinkappaleiden avulla. Kuvassa vasemmalla lisäksi esimerkki testikappaleesta (neulakuulafantomi), jonka avulla voidaan tarkistaa, että panoraatomografialaitteen kuvautuvan kerroksen paikka on oikein säädetty ja että kerros kuvautuu symmetrisesti.



Kuva 3. KKTT-laitteesta otetun testikuvan tulkinta.



Kuva 4. Testikappaleen kuvaus KKT-laitteella.

3.4 Panoraamatomografiaröntgenlaitteen liikkeen tasaisuus

Panoraamatomografiaröntgenlaitteen liikkeen tasaisuus voidaan varmistaa kiinnittämällä röntgenputken primäärikeilaan tasainen säteilyä vaimentava kappale (esimerkiksi 1 mm kuparilevy) ja ottamalla kuva ilman kuvattavaa kohdetta (lukuun ottamatta em. kuparilevyä) pieniä kuvausarvoja käyttäen. Saadusta kuvasta arvioidaan kuvan tasaisuutta silmämääräisesti. Kuvan tulee olla kauttaaltaan tasaisesti valottunut lukuun ottamatta kuvan keskellä olevaa niskarangan kompensatioaluetta.

3.5 Filmin kehitys ja katselulaitteet

Hammasröntgenfilmille otetut intraoraaliröntgenkuvat kehitetään yleensä käsin tai ns. päivänvalokehityskoneella. Tällöin laadunvalvonnaksi riittää, että noudatetaan kehite- ja filmivalmistajien suosittelemia kehitysaikoja, -lämpötiloja ja sekoitussuhteita ja että kehityksnesheet vaihdetaan valmistajien ohjeiden mukaisesti. Päivänvalokehityskonetta käytettäessä on filmien tarpeettoman hunnuttumisen estämiseksi lisäksi huolehdittava, että kehityskoneen yläpuolella ei pala loistevaloja eikä konetta sijoiteta ikkunan lähelle kirkkaaseen valoon.

Filmejä ja ladattuja kasetteja ei tule säilyttää röntgenkuvastiloissa, jotta filmit eivät hunnuttuisi sironneen säteilyn vaikutuksesta. Filmejä ja kehityksnesiteitä ei saa pitkäaikaisesti säilyttää samassa tilassa.

Kuvien katselulaitteiden ja valotaulujen valotehon on oltava riittävä ja valaistuksen tasainen. Valotaulut ja kuvien katselulaitteet on sijoitettava niin, että huoneen valaistus ei aiheuta kuvista näkyviä heijastuksia.

Panoraamatomografiassa ja kefalometriassa käytettävien vahvistuslevyjen ja filmin yhteensopivuus on varmistettava. Filmien kehityskoneen ja filmi-vahvistuslevyjärjestelmän laadunvalvontaohjeiden suunnittelussa voidaan käyttää apuna muun terveydenhuollon röntgenlaitteiden laadunvalvonnan ohjeita, esimerkiksi Terveydenhuollon röntgenlaitteiden laadunvalvontaopasta (STUK tiedottaa 2/2008), luku 4.2. Alla on esitetty pääkohdat näihin liittyen:

- Filmikasetin lukitus ja valotiiviys tarkistetaan asettamalla kasetti, jossa on valottamaton röntgenfilmi, 10 minuutiksi (molemmiin puolin) valotaululle tai muuhun valoisaan paikkaan. Kehitetyssä filmissä ei saisi näkyä mustia reunoja.
- Vahvistuslevyjen ja filmin kontakti tarkistetaan ottamalla röntgenkuva kasetin päälle asetetusta metallisesta reikälevystä tai ristikosta. Kuvassa ei saisi olla tummuudeltaan tai tarkkuudeltaan erilaisia alueita.
- Pimiön valotiiviys on syytä tarkistaa määrävälein, aina kun käyttöön tulee uudentyyppisiä filmejä tai kun suojavalon lamppu vaihdetaan tai pimiössä tehdään muita korjauksia. Filmien hunnuttuminen on syytä tarkistaa myös päivänvalokehityskonetta käytettäessä.

3.6 Digitaaliset kuvailmaisimet ja kuvanlukija

Samoin kuin filmit ja kasetit, myös digitaaliset kuvalevyt tulee säilyttää suojassa sironneelta säteilyltä.

Säteilylle altistuneet tai pidempään käyttämättä olleet kuvalevyt on syytä tyhjentää ennen niiden käyttöä kuvauksiin. Kuvalevyt tulee lukea kohtuullisen ajan kuluessa kuvauksesta, jottei kuvan häipyminen (fading) ja ylimääräisen taustasäteilyn kertyminen heikentäisi kuvanlaatua.

Kuvalevyjen puhtaus ja kunto tarkistetaan silmämääräisesti. Tarvittaessa kuvalevyt puhdistetaan valmistajan ohjeiden mukaisesti.

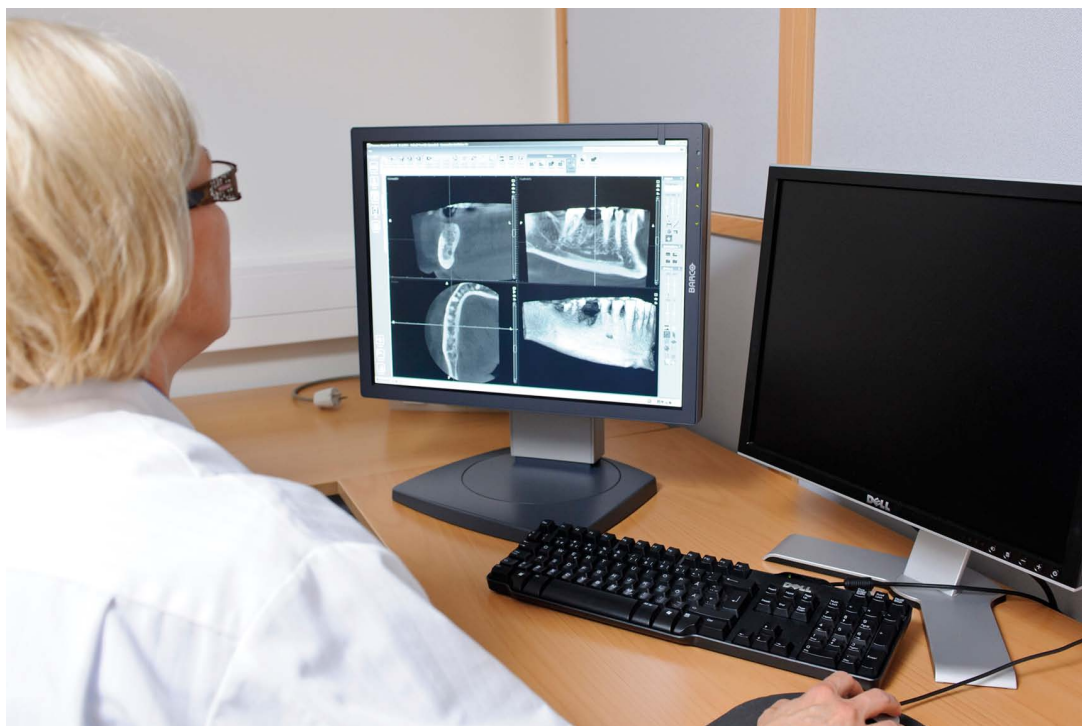
Kuvailmaisinten mekaanista kulumista ja mahdollisesti esiintyviä kuvavirheitä voidaan testata säteilyttämällä kuvauskasetti tasaisesti sopivalla annoksella ja tarkistamalla kuvan tasaisuus ja virheettömyys kuvasta visuaalisesti. Kuvassa ei saa näkyä oleellista epätasaisuutta tai muunlaisia diagnoosia haittaavia kuvavirheitä. Joillekin kuvailmaisimille valmistaja suosittelee määrävälein tehtävää kalibrointia, joka tulee tehdä valmistajan antamien ohjeiden mukaisesti.

Mikäli testikappaleessa on erotuskykytestilevy 45 asteen kulmassa, voi myös kuvalevyn lukijan toiminnan testata kuvanlaadun testaamisen yhteydessä. Kuvalevy luetaan käyttäen testikuvan luentaohjelmaa. Kuvasta tarkastellaan erotuskykytestilevyn reunaa käyttäen riittävää suurennosta ja kapeaa harmaasävyikkunaa. Viivaimen reunan kuvan on oltava jatkuva ja porraskuvion tasainen koko kuvan pituudelta.

Tarkemmat ohjeet digitaalisten kuvailmaisimien laadunvarmistuksesta on esitetty Terveystieteiden tutkimuskeskuksen röntgenlaitteiden laadunvalvontaoppaan ((STUK tiedottaa 2/2008) luvussa 4.3.

3.7 Kuvamonitorit ja katseluolosuhteet

Digitaalisia röntgenkuvia käytettäessä on syytä järjestää myös kuvien tarkastelussa käytettävien kuvamonitorien laadunvalvonta. Kuvan katseluolosuhteisiin, mm. huoneen valaistukseen ja kuvapinnalla näkyviin heijastuksiin, kiinnitetään erityistä huomiota. Tarkistetaan, että monitoriin ei kohdistu suoraa valoa valonlähteistä, kuten lampuista tai ikkunoista. Näitä valonlähteitä ei myöskään tulisi olla kuvan tarkastelijan näkökentässä. Lisäksi kuvamonitorin toimintaa voidaan arvioida erityisten testikuvien avulla. Opastusta kuvamonitorien laadunvarmistukseen on Terveystieteiden tutkimuskeskuksen röntgenlaitteiden laadunvalvontaoppaassa (STUK tiedottaa 2/2008), luku 4.6. (kuva 5).



Kuva 5. Hammasröntgenkuvien tulkintaan käytettäville monitoreille on järjestettävä laadunvarmistus.

4 Käyttötila ja säteilysuojaukset

Huoneessa, jossa tehdään hammasröntgentutkimuksia, on oltava sellaiset säteilysuojaukset, että tutkimuksista aiheutuva säteilyaltistus kuvaushuoneen ulkopuolella oleville henkilöille jää niin pieneksi, kuin kohtuullisin toimenpitein on mahdollista. Säteilysuojaukset toteutetaan käyttämällä suojuksena materiaalia, joilla pienennetään säteilyn annosnopeutta. Säteilysuojaustarvetta määritettäessä otetaan huomioon

- laitteen käyttömäärä
- laitteen kuvausjännite ja laitteen kokonaissuodatus
- röntgenputken kuvausvirran ja -ajan tulo (mAs)
- säteilykeilan koko
- röntgenlaitteen sijainti kuvaushuoneessa
- kuvaussuunnat
- ympäröivien tilojen käyttötarkoitus.

Kun röntgenlaite sijaitsee hammaslääkärin vastaanottotilassa, käyttötilan koko on yleensä myös röntgenkuvausten kannalta riittävä. Jos röntgenlaite on sijoitettu erilliseen huoneeseen, huoneen on oltava niin suuri, että kuvaukset voidaan tehdä riittävältä etäisyydeltä ja ilman, että kuvaaja joutuu primäärisäteilykeilaan. Suojausvaatimukset on esitetty yleisesti ohjeessa ST 1.10 ja hammaskuvaustoiminnan osalta ohjeessa ST 3.1.

Tutkimushuoneen säteilysuojaukset tarkistetaan rekisteröinti- tai turvallisuuslupahakemuksesta ja sen liitetiedoista. Jos kuvaushuoneen säteilysuojausten riittävydestä ei voida varmistua hakemuksessa esitettyjen tietojen ja lisäselvitysten perusteella, asia varmistetaan käyttöpaikalla tehtävässä tarkastuksessa.

4.1 Käytännön esimerkkejä eri laitetyyppien edellyttämästä säteilysuojuksesta

Alla olevat esimerkit on laskettu käyttäen väestölle asetettua annosrajoitusta, joka on säteilysuojauksia laskettaessa 0,3 mSv vuodessa. Suojauslaskelmissa on oletettu panoraamatomografiaröntgenlaitteen jatkuvaksi tehonkestoksi 125 W ja KKTT-laitteen vastaavaksi arvoksi 290 W. Vaipan vuotosäteilyn annosnopeudeksi näitä jännitteitä ja tehoja käytettäessä ja yhden metrin etäisyydellä on oletettu 0,1 mGy/h. Kokemus on osoittanut, että tätäkin parempi vaipan suojauskyky saavutetaan yleisesti. Tällöin tarvittava suojaus on vähäisempi kuin alla esitetyissä esimerkeissä. Laitestandardit kuitenkin sallivat myös tätä suuremman vaipan vuotosäteilyn (1 mGy/h); tällaisen laitteen tapauksessa suojaustarve olisi kuvissa 7 ja 8 esitettyä suurempi.

Erityisesti on syytä huomioida, että kuvausmäärällä on merkittävä vaikutus siihen, millainen säteilysuojaus tiloilta edellytetään. Monesti tiloja suunniteltaessa kannattaa jo ennakoida mahdollinen viereisten tilojen muuttuva käyttötarkoitus tai kuvausmäärien muutokset. Jos viikoittainen käyttömäärä on suurempi, kuin alla olevissa esimerkeissä on esitetty, on arvioitava myös kuvaushuoneeseen rajoittuvien käytävien, WC-tilojen ja muiden osittaisessa käytössä olevien tilojen säteilysuojaustarve. Rakennuksissa, joissa on betoniset välipohjat, ei lattian erilliseen säteilysuojaukseen ole tarvetta; mikäli välipohjat ovat puiset, on lisäsuojauksen tarve selvitettävä.

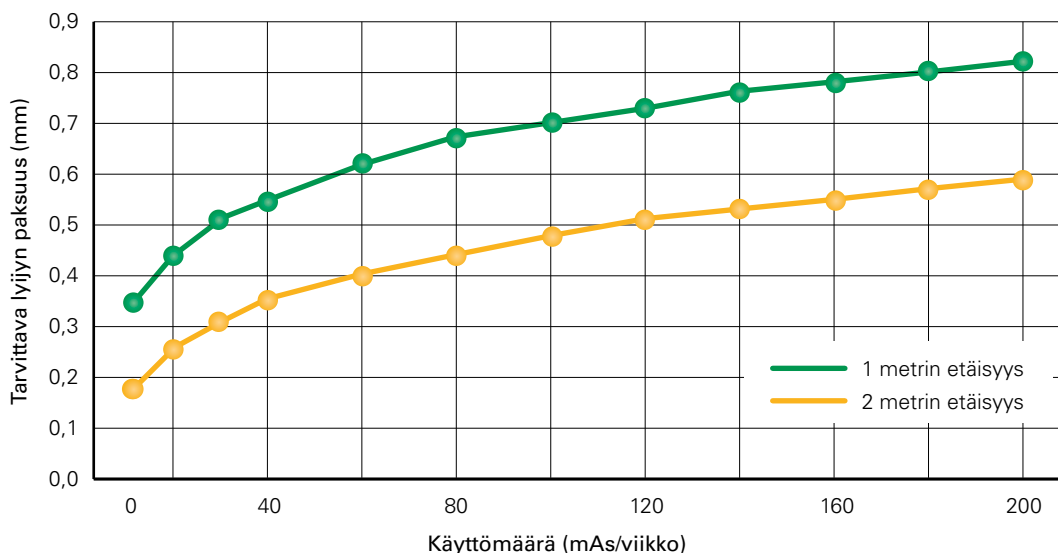
4.1.1 Esimerkki intraoraaliröntgenlaitteen edellyttämästä säteilysuojuksesta

Intraoraaliröntgenlaitetta käytettäessä lisäsuojausta tarvitaan yleensä vain primäärikeilan suunnassa olevissa tiloissa, joissa oleskellaan kuvausten aikana. Lisäsuojauksen ei tarvitse kattaa koko seinäpintaa vaan riittää, että suojaus kattaa seinäalueet, joihin primäärikeila voi osua. Lisäsuojausta saatetaan tarvita myös muissa kuin primäärikeilan suunnassa, jos röntgenlaite on asennettu lähelle seinää, kuvausmäärä on poikkeuksellisen suuri ja seinän takana oleskellaan säännöllisesti kuvausten aikana.

Kuvassa 6 on esitetty primäärikeilan suunnassa tarvittava säteilysuojus intraoraaliröntgenlaitetta käytettäessä, kun röntgenputken jännite on 70 kV ja laite on sijoitettu yhden tai kahden metrin etäisyydelle säännöllisessä käytössä olevasta tilasta (asuin-, työ- tai odotustila) tai muusta oleskelutilasta.

Esimerkiksi jos kuvausvirta on 8 mA, kuvausaika 0,2 s ja kuvauksia on viikossa 30, saadaan kuvausvirran ja -ajan tuloksi 48 mAs/viikko ($8 \text{ mA} \cdot 0,2 \text{ s/kuva} \cdot 30 \text{ kuvaa/viikko}$).

Pääsääntöisesti intraoraaliröntgenkuvauksia otetaan kolmea seinää kohti. Näin ollen yhteen seinään kohdistuva käyttömäärä on $1/3 \cdot 48 \text{ mAs} = 16 \text{ mAs}$. Kuvan 6 käyrästä nähdään, että 16 mAs:n viikoittaista käyttömäärää vastaavan suojuksen lyijyjarvon on oltava metrin etäisyydellä olevalle oleskelutilalle noin 0,4 mm. Jos suojattava tila on kahden metrin etäisyydellä röntgenputkesta, suojuksen on vastattava noin 0,2 mm:ä lyijyä.



Kuva 6. Säteilysuojatarve intraoraaliröntgenlaitteen primäärikeilan suunnassa 1 metrin ja 2 metrin etäisyydellä röntgenputkesta, kun kuvausjännite on 70 kV ja suojuksen takana olevan tilan annosrajoitus on 0,3 mSv/vuosi.

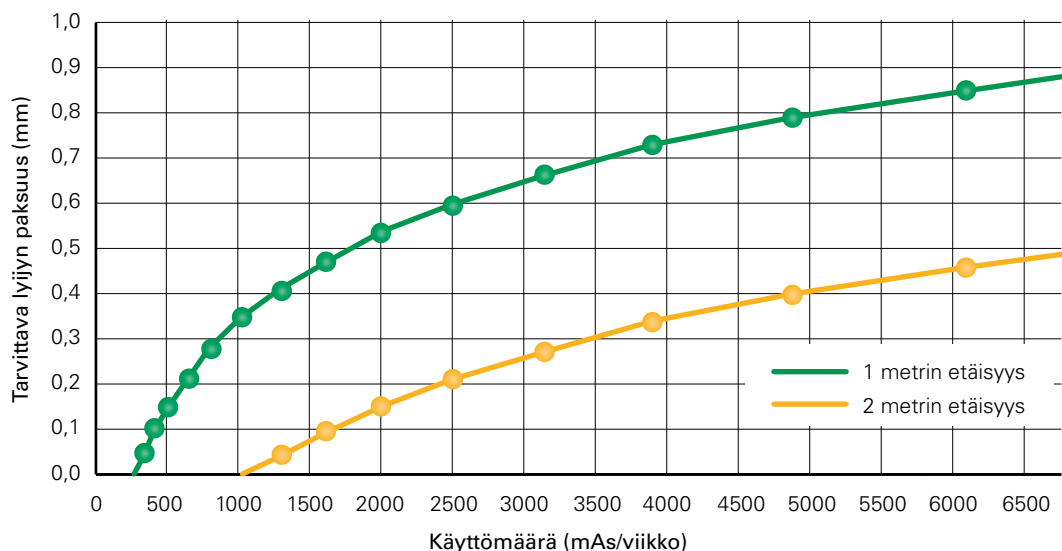
4.1.2 Esimerkki panoraatomografiaröntgenlaitteen edellyttämästä säteilysuojuksesta

Panoraatomografiaröntgenlaitteiden primäärikeilassa on säteilyä tehokkaasti vaimentava suojus, jolloin laitteen ympäristöön kohdistuu pääasiassa vain potilaasta siroannutta säteilyä. Panoraatomografiaröntgenlaitteen osalta röntgenputken vaipan läpi tuleva vuotosäteily on nykyisissä laitteissa yleensä merkittävästi pienempi altistuslähde kuin potilaasta siroannut säteily.

Kuvassa 7 on esitetty tarvittava säteilysuojus panoraatomografiaröntgenlaitetta käytettäessä, kun röntgenputken jännite on 85 kV ja laite on sijoitettu yhden tai kahden metrin etäisyydelle säännöllisessä käytössä olevasta tilasta (asuin-, työ- tai odotustila) tai muusta oleskelutilasta.

Esimerkiksi jos kuvausvirta on 8 mA, kuvausaika 18 s ja kuvauksia on viikossa 10 (noin 500 kuvausta vuodessa), saadaan kuvausvirran ja -ajan tuloksi 1 440 mAs/viikko ($8 \text{ mA} \cdot 18 \text{ s/kuva} \cdot 10 \text{ kuvaa/viikko}$).

Kuvan 7 käyrästä nähdään, että 1 440 mAs:n viikoittaista käyttö määrää vastaavan suojuksen lyijy arvon on oltava metrin etäisyydellä olevalle oleskelutilalle noin 0,4 mm. Jos suojattava tila on kahden metrin etäisyydellä röntgenputkesta, suojuksen on vastattava noin 0,1 mm:ä lyijyä.



Kuva 7. Säteilysuojustarve panoraatomografiaröntgenlaitetta ympäröivissä tiloissa 1 metrin ja 2 metrin etäisyydellä potilaasta, kun suojuksen takana olevan tilan annosrajoitus on 0,3 mSv/vuosi ja kuvausjännite on 85 kV. Röntgenputken vaipan vuotosäteilyn on oletettu olevan 0,1 mGy/h (putken maksimijännite 85 kV, jatkuva teho 125 W). Säteilykeilan kooksi on oletettu 1,2 cm² 33 cm etäisyydellä röntgenputken fokuksesta.

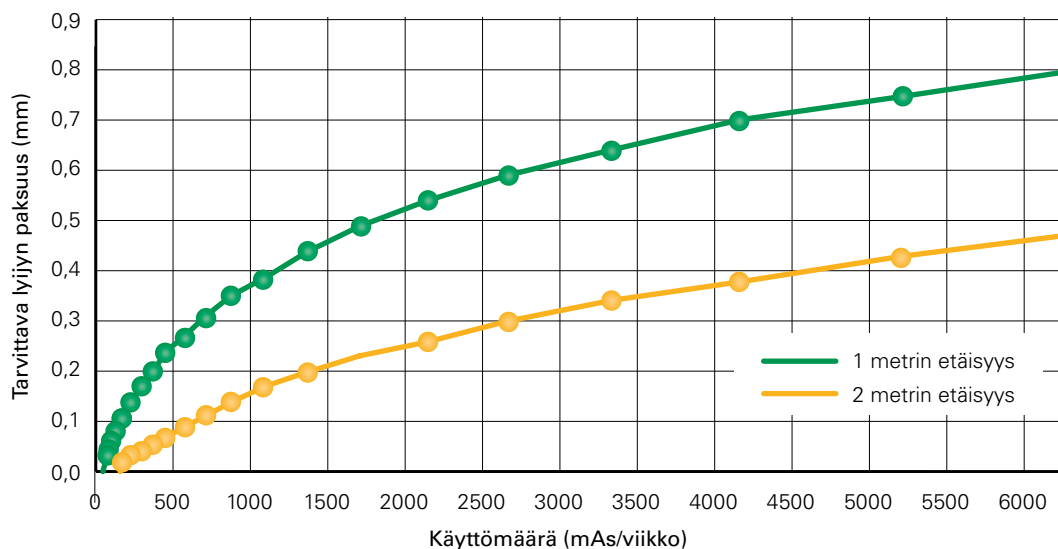
4.1.3 Esimerkki KKTT-laitteen edellyttämästä säteilysuojuksesta

KKTT-laitteiden primäärikeilassa on säteilyä tehokkaasti vaimentava suojus, jolloin laitteen ympäristöön kohdistuu pääasiassa vain potilaasta siroannutta säteilyä.

Kuvassa 8 on esitetty tarvittava säteilysuojus KKTT-laitetta käytettäessä, kun röntgenputken jännite on 84 kV ja laite on sijoitettu yhden tai kahden metrin etäisyydelle säännöllisessä käytössä olevasta tilasta (asuin-, työ- tai odotustila) tai muusta oleskelutilasta.

Esimerkiksi jos kuvausvirta on 16 mA, kuvausaika 8 s ja kuvauksia on viikossa 30, saadaan kuvausvirran ja -ajan tuloksi 3 840 mAs viikossa ($16 \text{ mA} \cdot 8 \text{ s/kuva} \cdot 30 \text{ kuvaa/viikko}$).

Kuvan 8 käyrästä nähdään, että 3 840 mAs:n viikoittaista käyttö määrää vastaavan suojuksen lyijyarvon on oltava metrin etäisyydellä olevalle oleskelutilalle noin 0,7 mm. Jos suojattava tila on kahden metrin etäisyydellä röntgenputkesta, suojuksen on vastattava noin 0,4 mm:ä lyijyä.



Kuva 8. Säteilysuojatarve KKTT-laitteen siroanneen säteilyn suunnassa 1 metrin ja 2 metrin etäisyydellä röntgenputkesta, kun suojuksen takana olevan tilan annosrajoitus on 0,3 mSv/vuosi ja kuvausjännite on 85 kV. Röntgenputken vaipan vuotosäteilyn on oletettu olevan 0,1 mGy/h (putken maksimijännite 100 kV, jatkuva teho 300 W). Säteilykeilan kooksi on oletettu 40 cm² 30 cm etäisyydellä röntgenputken fokuksesta.

4.2 Rakennusmateriaalien lyijyvastaavuus

Edellä on esitetty, miten voidaan määrittää tarvittavan lyijysuojuksen paksuus. Lyijyn sijasta voidaan säteilysuojauksissa käyttää muitakin materiaaleja. Esimerkkejä vaihtoehtoisista materiaaleista on esitetty taulukossa 2 sivulla 22. Materiaalin suojauskyky riippuu sen alkuainekoostumuksesta ja tiheydestä: mikäli koostumus on sama, tarvittava suojuspaksuus on kääntäen verrannollinen tiheyteen. Esimerkiksi kipsilevyn säteilysuojauskyky on merkittävästi huonompi kuin betonin, koska kipsilevyn tiheys on tyypillisesti noin 750 kg/m^3 ja betonin vastaavasti $2\,300 \text{ kg/m}^3$.

Saatavilla on myös muita mineraalipohjaisia rakennuslevyjä, joiden tiheys on suurempi (esim. 1500 kg/m^3) kuin kipsin ja suojukseen tarvittava paksuus siksi noin puolta pienempi. Kevytbetonin tiheys voi olla huomattavasti pienempi kuin tavallisen betonin, ja suojukseen tarvittava paksuus vastaavasti suurempi. Näiden lisäksi on saatavilla erityisiä säteilysuojusten rakentamiseen suunniteltuja kipsilevyjä, joihin on säteilyn vaimennuksen parantamiseksi lisätty bariumsulfaattia.

Taulukko 2. Vaihtoehtoisia rakennemateriaaleja ja niiden lyijyvastaavuudet.

Rakennemateriaali ja sen tiheys	Lyijyarvo (mm Pb)	Lyijyarvoa vastaava materiaaalipaksuus (mm)		
		50 kV	70 kV	100 kV
Betoni (2300 kg/m ³) tai lasi (2600 kg/m ³)	0,12	16	16	15
	0,25	34	31	29
	0,5	65	58	51
	0,75	91	83	70
	1,0	115	106	87
Tiili (umpinainen, 1800 kg/m ³)	0,12	23	23	22
	0,25	49	45	42
	0,5	94	84	74
	0,75	131	120	101
	1,0	166	153	126
Kipsilevy (750 kg/m ³)	0,12	37	36	35
	0,25	81	76	71
	0,5	157	145	132
	0,75	222	209	185
	1,0	284	270	234
Bariumpitoinen säteilysuojalevy (60% BaSO ₄ , 1360 kg/m ³)	0,12		2,5	2,1
	0,25		5,2	4,5
	0,5		10	8,9
	0,75		16	13
	1,0		21	18
Teräs (7900 kg/m ³)	0,12	0,7	0,8	0,8
	0,25	1,5	1,6	1,7
	0,5	3,0	3,2	3,4
	0,75	4,3	5,0	5,1
	1,0	5,6	6,8	7,0
Puu (550 kg/m ³)	0,12	258	232	170
	0,25	465	385	287
	0,5	761	600	442

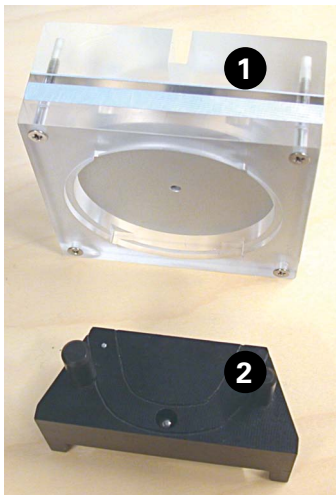
Kirjallisuutta

1. American Association of Physicists in Medicine (AAPM). Quality control in diagnostic radiology. Report of Task Group 12. AAPM Report No. 74. MD: AAPM; 2002. <http://www.aapm.org/pubs/reports/>
2. Conference of Radiation Control Program Directors, Inc. Quality control recommendations for diagnostic radiography. Volume 1: Dental facilities. Frankfort: CRCPD; 2001. <http://www.crcpd.org/Pubs/QC-Docs/QC-Vol1-Web.pdf>
3. European Commission. European guidelines on radiation protection in dental radiology. Radiation protection 136. Luxembourg: Office for Official Publication of the European Communities; 2004. http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/136_en.pdf
4. European Commission. European guidelines on quality criteria for diagnostic radiographic images in paediatrics. Luxembourg: Office for Official Publication of the European Communities; 1996. <http://www.sprmn.pt/legislacao/ficheiros/EuropeanGuidelinesEur16261.pdf>
5. Health Protection Agency (HPA). Guidance on the safe use of dental cone beam CT (computed tomography) equipment. HPA-CRCE-010. Oxfordshire: HPA; 2010. http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb_C/1287143862981
6. Holroyd JR, Walker A. Recommendations for the design of X-ray facilities and the quality assurance of dental cone beam CT (computed tomography) systems. A report of the HPA Working Party on Dental Cone Beam CT. HPA-RPD-065. Oxfordshire: HPA; 2010. http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb_C/1267551245480
7. Institute of Physics and Engineering in Medicine (IPEM). Recommended standards for the routine performance testing of diagnostic X-ray imaging systems. IPEM Report No. 91. York: IPEM; 2005.
8. Radiation Protection: Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology. Evidence based guidelines. A report prepared by the SEDENTEXCT Project; 2011. http://www.sedentext.eu/files/guidelines_final.pdf
9. National Council on Radiation Protection and Measurements. Radiation protection in dentistry. NCRP Report no 145. Bethesda, MD: NCRP; 2003.
10. National Radiological Protection Board. Guidance notes for dental practitioners on the safe use of X-ray equipment. NRPB; 2001.

11. Suomalainen Anni. Cone beam computed tomography in oral radiology. Academic Dissertation. University of Helsinki, Faculty of Medicine, Helsinki 2010.
12. Lasten röntgentutkimuskriteerit. STUK tiedottaa 1/2008, Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2008. http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/fi_FI/stuk_tiedottaa/
13. Potilaan säteilyaltistuksen määrittäminen röntgentutkimuksissa. STUK tiedottaa 1/2004. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2004. http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/fi_FI/stuk_tiedottaa/
14. Potilaan säteilyaltistuksen vertailutasot tavanomaisissa aikuisten röntgentutkimuksissa. Säteilyturvakeskuksen päätös dnro 65/310/08 (15.12.2008). http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/viranomaisohjeet/fi_FI/stohjeet/
15. Terveydenhuollon röntgenlaitteiden laadunvalvontaopas. STUK tiedottaa 2/2008. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2008. http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/fi_FI/stuk_tiedottaa/
16. Terveydenhuollon röntgenlaitteiden käytönaikaiset hyväksyttävyyssvaatimukset. Röntgenkuvaus- ja läpivalaisulaitteet ja tietokonetomografialaitteet. Säteilyturvakeskuksen päätös dnro 12/310/06 (17.8.2006). http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/viranomaisohjeet/fi_FI/stohjeet/
17. Tapiovaara M. Röntgenhuoneen säteilysuojaustarpeen arviointiin käytettävä tietokoneohjelma: RtgSuojaus. STUK-STO-TR 2. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2005. <http://www.stuk.fi/julkaisut/tr/stuk-sto-tr2.pdf>
18. Toroi P, Komppa T, Kosunen A. Annoksen ja pinta-alan tulon mittaaminen: DAP-mittarin kalibrointi röntgensäteilykeilassa. STUK-TR 4. Helsinki: Säteilyturvakeskus; 2008. <http://www.stuk.fi/julkaisut/tr/stuk-tr4.html>

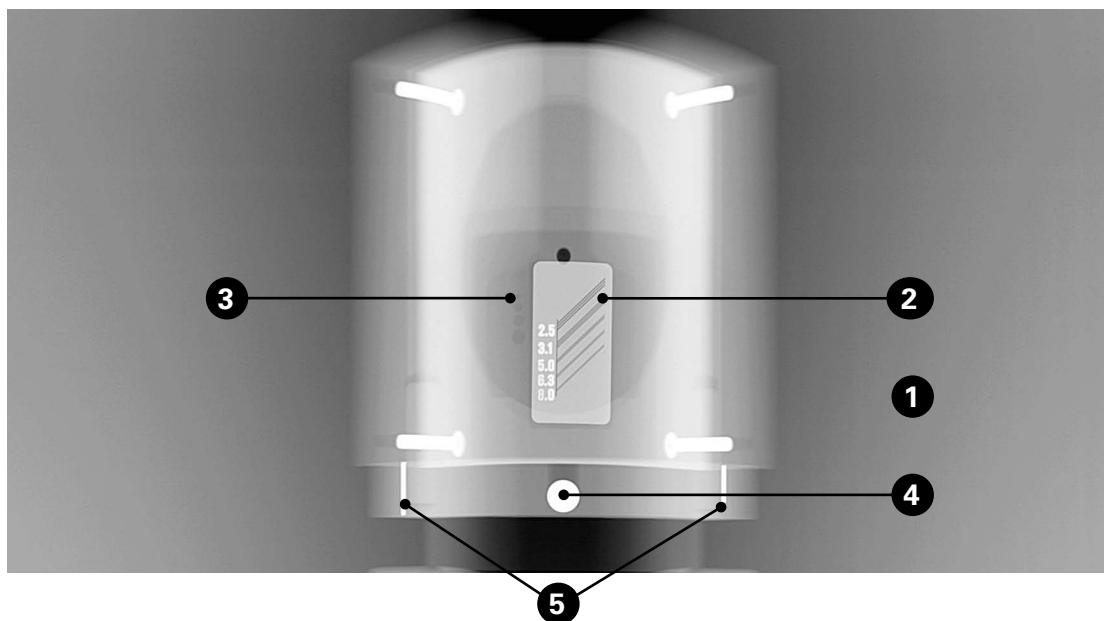
LIITE A

Esimerkki testikappaleen käytöstä ja testikuvan tulkinnasta panoraatomografiaröntgenlaitteella



- 1 Testikappale, jolla testataan kuvan teknistä laatua.
- 2 Neulakuulafantomi ja testikappale asetettuna panoraatomografiaröntgenlaitteeseen.
- 3 Testityökalu fantomilaitteessa.
- 4 Erillinen suodatin kollimaattorin säteilyaukon edessä (esim. 1 mm kuparilevy).





Kuvasta tarkastetaan seuraavat kohteet:

- ❶ valottuneen alueen tasaisuus ja että valottumaton alue ympäröi koko kuva-alaa
- ❷ kuinka monta LP/mm viivaparia näkyy (yleensä vähintäänkin 2,5 LP/mm)
- ❸ erikokoisia porauksia 4 kpl
- ❹ kuulan pyöreys; kuulan on sijaittava symmetrisesti neulojen välissä (toinen pidempi ja toinen lyhyempi neula)
- ❺ neulaväli valmistajan ilmoittamassa mitassaan



Laippatie 4, 00880 Helsinki
Puh. (09) 759 881, fax (09) 759 88 500
www.stuk.fi

ISBN 978-952-478-655-3

ISSN 0780-9662

Edita Prima Oy, Helsinki 2011